

Die Stauchbarkeit von gegossenem Zink in Abhängigkeit von dem Winkel zwischen Stauchrichtung und Hauptwachstumsrichtung der Kristalle

Denker, Rolf-Bodo
Falkenhagen, Günter
Hofmann, Wilhelm

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 4, 1952, S. 87-93



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

Die Stauchbarkeit von gegossenem Zink in Abhängigkeit von dem Winkel zwischen Stauchrichtung und Hauptwachstumsrichtung der Kristalle

Von Rolf-Bodo Denker, Günter Falkenhagen und Wilhelm Hofmann

Mit 8 Abbildungen

Abstract: The compressibility of cast zinc-plates was measured under the drop hammer in temperatures between 20 and 400 degrees C. When perpendicularly compressed this material offers a resistance against deformation by several times higher than when compressed parallel or inclined by 45 degrees to the plain of plate. This observation is derived from the texture of cast zinc bars on the basis of the crystal translation and mechanical twinning.

Zum Walzen von Zinkblechen geht man von gegossenen Platten rechteckiger Form aus. Das Gießen der Formate erfolgt in eisernen Kokillen, die vielfach von unten mit Wasser gekühlt werden. Dadurch, daß die Wärmeabfuhr bei der Erstarrung der Schmelze vorwiegend senkrecht erfolgt — nach unten zum Boden der Kokille, nach oben zu der freien Oberfläche —, stellt sich in der erstarrten Platte eine sogenannte Gußtextur ein, d.h. die Kristalle sind so orientiert, daß jeweils eine Richtung der größten Wachstumsgeschwindigkeit senkrecht zur Plattenebene steht. Die kristallographisch gleichwertigen Richtungen größter Wachstumsgeschwindigkeit liegen in der hexagonalen Basis. Diese steht somit senkrecht zur Plattenebene; die zur Basis normale hexagonale c -Achse liegt in beliebiger Richtung parallel dazu¹⁾. Die Gußtextur ist damit als sogenannte Idealtextur beschrieben (Abb. 1). In Wirklichkeit

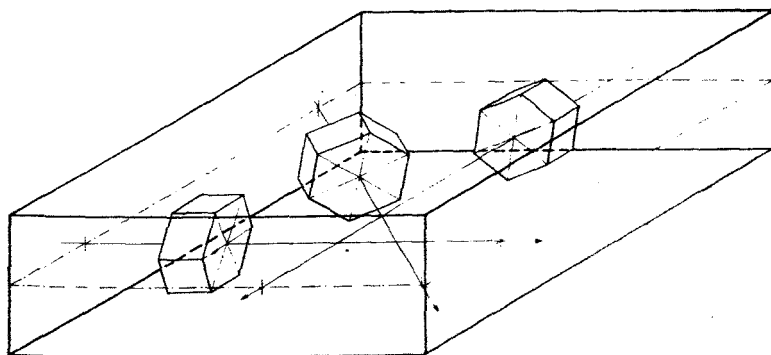


Abb. 1. Schema der Gußtextur in Zinkplatten.

besteht eine Streuung um die durch sie dargestellten Lagen. Zerschlägt man eine Gußplatte, so erkennt man große Kristalle, deren Spaltflächen — das sind die Basisebenen — die Platte zum Teil senkrecht von unten nach oben

durchsetzen. Mit Rücksicht auf den Mechanismus der Kristallplastizität des Zinks war zu erwarten, daß der Verformungswiderstand innerhalb der Gußplatten sehr stark richtungsabhängig ist. Um diese für das Verständnis des Walzvorganges bedeutungsvollen Erscheinungen zu studieren, haben wir als Ersatz für das Walzen Schlagstauchversuche zwischen Raumtemperatur und 400° angestellt.

Hierfür stand ein selbstgebauter Fallhammer des Institutes (Abb. 2) mit folgenden Kenngrößen zur Verfügung:

| | |
|---|---|
| Maximale Fallhöhe: | $H = 275 \text{ cm}$, durch Seilaufzug |
| mit Sperrklinkenrad von 4 zu 4 cm verstellbar | |
| Verwendetes Bärgewicht: | $Q_1 = 10,99 \text{ kg}$ |
| Gewicht des Druckstempels mit Kopf: | $Q_2 = 2,97 \text{ kg}$ |
| Schabottengewicht: | $Q_3 = 800 \text{ kg}$ |

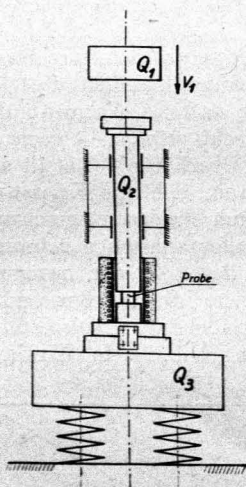


Abb. 2. Skizze des verwendeten Fallhammers.



Abb. 3. Längsschliff einer Feinzinkplatte in Gießlage.

Die Versuche erfolgten an Hüttenzink und Feinzink (99,99%). Es sollen hier nur die an letzterem Werkstoff gemachten Beobachtungen mitgeteilt werden. Die Ausgangsplatte hatte die Abmessungen $300 \times 600 \times 65 \text{ mm}^*$. Sie wies ein gleichmäßiges Gefüge auf (Abb. 3), jedoch sind die Kristalle in der Plattenunterseite kleiner als in der Plattenoberseite, so daß die Proben von oben und unten getrennt betrachtet werden mußten. Aus der Platte wurden drei Reihen zylindrischer Normproben gedreht mit $h = d = 20 \pm 0,1 \text{ mm}$ und den Winkeln 0° , 45° , 90° von Zylinderachse und Plattenebene. Zur Durchführung der Warmstauchversuche wurden die Proben jeweils 15 min in einem

*) Den Vereinigten Deutschen Metallwerken A.G., Köln, sind wir für die Überlassung des Versuchsmaterials zu Dank verbunden.

elektrischen Ofen angewärmt. Um größere Wärmeverluste zu vermeiden, konnte man die Proben nun nicht auf die kalte Amboßbahn aufsetzen. Es war daher die Verwendung einer geheizten Vorrichtung notwendig. Sie bestand einerseits aus einem zylindrischen, mit dem Hauptamboß verschraubten Hilfsamboß, andererseits aus einem in Führungsschienen laufenden Druckstempel mit aufgesetztem losen Schlagkopf, der zur Übertragung des Schlages auf die Probe diente. Über den im Durchmesser kleiner gehaltenen Teil des Hilfsambos und den Probekörper wird der hohlzylindrische Ofen gesetzt und der vorher hochgezogene Druckstempel von oben ebenfalls in den Ofenraum eingeführt. Die vorgewärmte Probe wurde dem Ofen entnommen, in der Vorrichtung auf die endgültige Temperatur gebracht und der Schlag ausgelöst. Die Messung der Stauchung erfolgte an den in Wasser abgeschreckten Proben mit Hilfe einer Meßuhr. Es wurden Ein- und Mehrschlagversuche mit immer gleichbleibender Schlagstärke durchgeführt. Die Mehrschlagversuche wurden abgebrochen, wenn die Höhenabnahme den Betrag von 20% erreicht hatte. Die oszillographische Zeitmessung am fallenden Hammerbären²⁾ ergab, daß dieser praktisch den Gesetzen des freien Falles gehorcht, also nur verschwindend kleine Reibungskräfte auftreten. Dadurch, daß der Stoß nicht unmittelbar von der Probe aufgenommen, sondern durch den erwähnten Druckstempel übertragen wurde, tritt ein Verlust an der für die Stauchung der Probe zur Verfügung stehenden kinetischen Energie ein. Der Wirkungsgrad dieser Vorrichtung wurde in eingehenden, hier nicht näher beschriebenen Versuchen ermittelt, indem Proben aus Kupfer und Zink mit und ohne Vorrichtung verformt wurden. Es ergab sich ein Gesamtwirkungsgrad des Hammers und der Vorrichtung von 54,3%. Damit beträgt die bei der angewandten Fallhöhe von 59 cm unter Benutzung der Vorrichtung für die plastische Verformung je Schlag zur Verfügung stehende Arbeit $A_F = 350 \text{ cmkg}$.

Ergebnisse: Aus den in den Einschlag- und Mehrschlagversuchen ermittelten Höhenabnahmen Δl der Proben wurden mittlere Formänderungswiderstände K (kg/mm^2) nach der bekannten Beziehung

$$A = V \int_{l_0}^{l_1} K \frac{dl}{l} = V K \ln \frac{l_0}{l_1}$$

errechnet (A = Verformungsarbeit, V = Volumen der Probe). Die an Fein-zink erhaltenen Ergebnisse sind in Abb. 4 dargestellt. Bemerkenswert ist die außerordentlich starke Richtungsabhängigkeit des Formänderungswiderstandes. Der Wert von K bei Stauchrichtung senkrecht zur Plattenebene beträgt sowohl im Ein- als im Mehrschlagversuch ein Vielfaches desjenigen bei Stauchung parallel oder schräg (45°) zur Plattenebene.

Dieses wichtigste Ergebnis der Versuche versteht man auf Grund des durch die Untersuchungen des früheren Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung in Berlin-Dahlem zugänglich gewordenen Verformungsmechanismus des hexagonalen Zinks³⁾. Die Kristalltranslation kann als allgemein bekannt vorausgesetzt werden. Die hexagonalen Metalle besitzen bekanntlich nur eine Translationsebene, die Basis; in dieser drei Translationsrichtungen (und Gegenrichtungen).

Die mechanische Zwillingsbildung ist in ihren Einzelheiten weniger geläufig, sie soll daher nochmals umrissen werden. Man unterscheidet die Zwillingssebene, das ist die Berührungs- und gleichzeitig Symmetrieebene

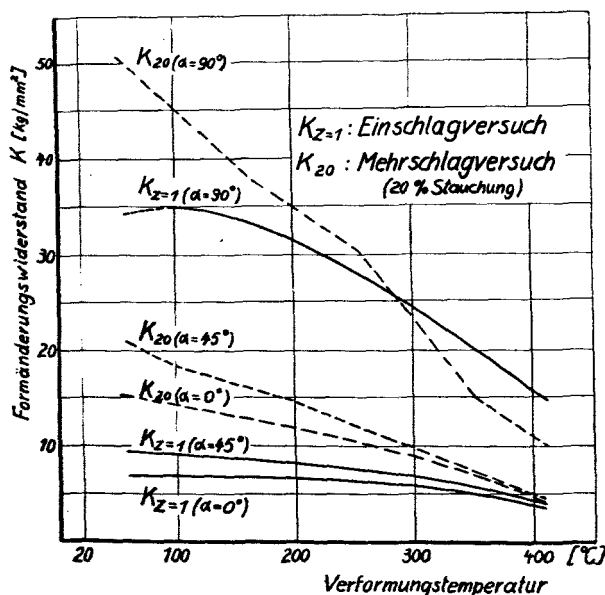


Abb. 4. Der Formänderungswiderstand von Feinzink in Abhängigkeit von Stauchrichtung und Temperatur.

zwischen Ausgangs- und verformtem Kristall, und die Schiebungsebene, das ist eine zur Zwillingssebene senkrechte Ebene, die die Richtung der Schiebung enthält. Um die Längenänderungen bei der mechanischen Zwillingsbildung

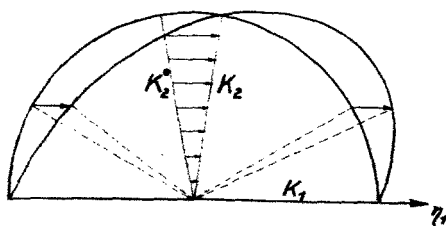


Abb. 5. Elemente der mechanischen Verzwillingung.
Nach Schmid-Boas.

zu verstehen, denken wir uns eine Kugel aus dem betrachteten Kristall herausgeschnitten und so mechanisch verzwillingt, daß die Äquatorebene Zwillingssebene ist (Abb. 5). Der Betrag der Verschiebung ist proportional dem Abstand von der Zwillingssebene. Außer der Äquatorebene, die als sogenannte erste Kreisschnitt-

ebene ihre Kreisform behält, gibt es noch eine zweite Ebene, deren Schnitt kreisförmig bleibt. Dies ist die zweite Kreisschnittebene, die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie vor und nach der Umklappung im selben Winkel zur Äquatorebene steht. Vom Kugelmittelpunkt ausgehende Richtungen erfahren dann eine Stauchung, wenn sie im spitzen Winkel zwischen Äquator- und zweiter Kreisschnitt-

ebene in der Ausgangsstellung liegen; eine Längung, wenn sie im stumpfen Winkel liegen. Die Symmetrieverhältnisse sind selbstverständlich in den Betrachtungen der Vorgänge an einer Kugel nicht zu erkennen. Als Zwillingssebene fungiert bei hexagonalen Metallen die Ebene (102), als zweite Kreisschnittebene (10 $\bar{2}$). Die Ebenen treten infolge der hexagonalen Symmetrie sechsmal auf der Seite der positiven c -Achse und sechsmal auf der der negativen c -Achse auf. Die Ebenennormale zu (102) bildet im Falle des Zinks mit der c -Achse einen Winkel von 47° , im Falle des Magnesiums einen solchen von 43° . Daß dieser Winkel hier kleiner, dort größer als 45° ist, hat zur Folge, daß die Schiebungsrichtung bei Magnesium gerade die umgekehrte ist wie bei Zink (Abb. 6). Die Richtungen, die bei Zink

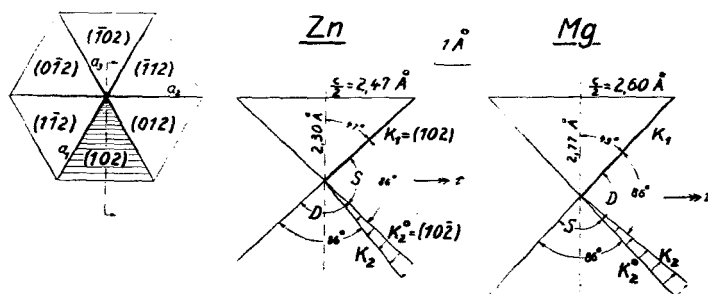


Abb. 6. Mechanische Verzwillingung von Magnesium und Zink.
 S : Gebiet der Stauchung D : Gebiet der Dehnung.

durch Verzwillingung verkürzt werden, werden daher bei Magnesium gedehnt und umgekehrt. Die Richtung der hexagonalen c -Achse liegt bei Zink im spitzen Winkel zwischen den beiden Kreisschnittebenen und wird durch Verzwillingung gestaucht. Translation tritt ein, wenn die kritische Schubspannung in der Basis für mindestens eine der sechs möglichen Gleitrichtungen überschritten wird. Quantitative Bedingungen für das Eintreten der Verzwillingung sind nicht bekannt, dagegen weiß man, daß sie nur dann erfolgen kann, wenn die durch sie ausgelösten Längenänderungen im Sinne der äußeren Beanspruchung liegen, also den durch diese ausgeübten Zwang mildern. Ferner tritt mechanische Verzwillingung im allgemeinen nur dann ein, wenn die Bedingungen für den Eintritt der Translation nicht gegeben sind. In Richtung der hexagonalen c -Achse wird die Verzwillingung nach dem oben Gesagten bei Zink durch Druck, senkrecht dazu durch Zug ausgelöst. In mnemotechnisch geeigneter Formulierung: Zug erzeugt Zinkzwillinge senkrecht zu c^4). Die Anwendung auf den Fall der Gußtextur von Zink ergibt folgendes:

- A. Stauchrichtung parallel zur Plattenebene: Winkel zwischen Stauchrichtung und Translationsebene zwischen 0° und 90° . Bei einem großen Teil der Kristalle ist die Vorbedingung der Translation gegeben. Die Translationsrichtung liegt, wie man leicht einsieht, in diesen Kristallen mit einer maximalen Abweichung von 30° parallel der Plattenebene. Die zylindrischen Proben werden daher bei der Stauchung elliptisch, wobei

die kleine Ellipsenachse senkrecht zur Plattenebene liegt. Abb. 7 läßt dies deutlich erkennen. Die Streifenrichtung der auf der Schnittfläche sicht-

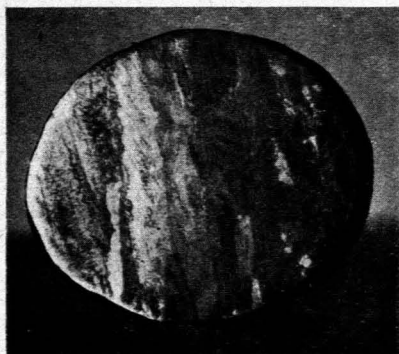


Abb. 7. Querschliff einer bei 225° gestauchten Zinkprobe. Die große Ellipsenachse entspricht der Translationsrichtung der Kristalle.

baren Kristalle stellt die Spur der Basisebenen dar. In dieser Lage ist gleichzeitig die Voraussetzung des Eintretens der mechanischen Verzwillingung gegeben, doch dürfte dieser von geringer Bedeutung neben der Translation bleiben.

B. Stauchrichtung senkrecht zur Plattenebene: Winkel zwischen Stauchrichtung und Basisebene 0°. Gemäß obigem ist weder Translation noch Verzwillingung möglich. Diese würde nämlich Zug senkrecht zur Plattenebene erfordern. Daß überhaupt eine Stauchung der Proben eintritt, rührt von der Streuung

der Kristallorientierungen um die Lagen der Idealtextrur her. Der hohe Formänderungswiderstand beim Stauchen der Zinkplatten senkrecht zur Plattenebene ist damit erklärt.

Für die Praxis des Walzens von Zink ergibt sich aus dem Gesagten die Folgerung, daß im Interesse eines niedrigen Formänderungswiderstandes bei

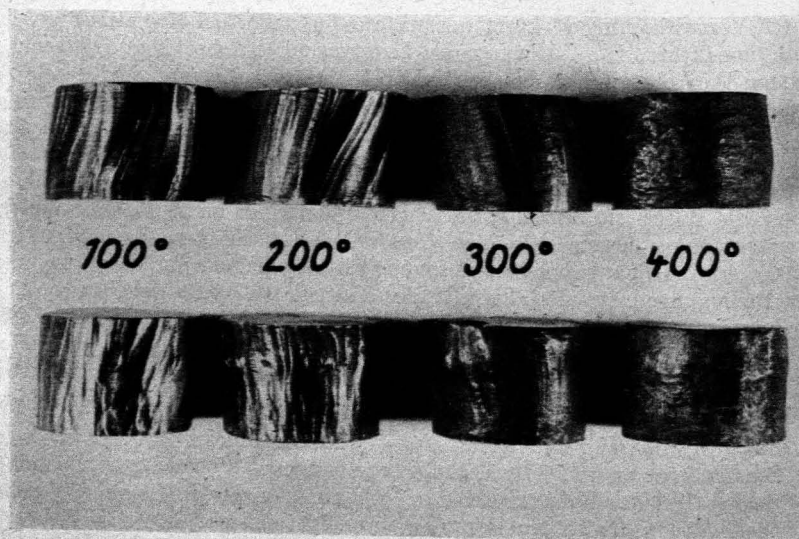


Abb. 8. Um 20% bei verschiedenen Temperaturen gestauchte Feinzinkproben. Die Veränderung der Oberfläche läßt die bei 300° und 400° erfolgte Rekristallisation erkennen.

den ersten Stichen eine mehr schräge Anordnung der Kristalle in der Gußplatte anzustreben ist. Für den weiteren Verlauf des Walzens gelten andere Gesetzmäßigkeiten, da als Folge der Verformung in der Wärme Rekristallisation (Abb. 8) eintritt. Dies erklärt die in Abb. 4 ersichtliche Tatsache, daß die Kurve der Mehrschlagversuche bei Stauchrichtung senkrecht zur Plattenebene für hohe Temperaturen unter diejenige für den Einschlagversuch zu liegen kommt.

Zusammenfassung

Die Stauchbarkeit von gegossenen Zinkplatten wurde unter dem Fallhammer bei Temperaturen zwischen 20° und 400° gemessen. Der Formänderungswiderstand senkrecht zur Plattenebene ist um ein Mehrfaches höher als derjenige bei Stauchung parallel oder schräg (45°) zur Plattenebene. Diese Beobachtung erklärt sich aus der Gußtextur von Zinkplatten auf Grund des Verformungsmechanismus der Kristalltranslation und der mechanischen Verzwillingung.

Schrifttum

- ¹⁾ G. Wassermann, Texturen metallischer Werkstoffe, Berlin 1939.
- ²⁾ Nach Messungen von R. Koppe, Diplomarbeit, Braunschweig 1951.
- ³⁾ E. Schmid und W. Boas, Kristallplastizität, Berlin 1935.
- ⁴⁾ W. Hofmann, Vortrag auf der Tagung der Versuchsanstalt für Blechverformung, Aue 1944.